



جامعة المنصورة

كلية الآداب

# تأثير العوامل الجيوتقنية على تلف مدفن الأمير تمرباي الحسيني الأثري بالقاهرة

دكتور

حمدان ربيع عطية

مدرس ترميم وصيانة الآثار

بقسم ترميم وصيانة الآثار

كلية الآثار - جامعة الفيوم

دكتور

محمد كمال خلاف

مدرس ترميم وصيانة الآثار

بقسم ترميم وصيانة الآثار

كلية الآثار - جامعة الفيوم

مجلة كلية الآداب - جامعة المنصورة

العدد السابع والثلاثون - أغسطس ٢٠٠٥



# تأثير العوامل الجيوتقنية على تلف مدفن الأمير تمرباي الحسيني الأثري بالقاهرة

د/ محمد كمال خلاف - كلية الآثار - جامعة الفيوم

د/ حمدان ربيع عطية - كلية الآثار - جامعة الفيوم

## ١ - ملخص Abstract

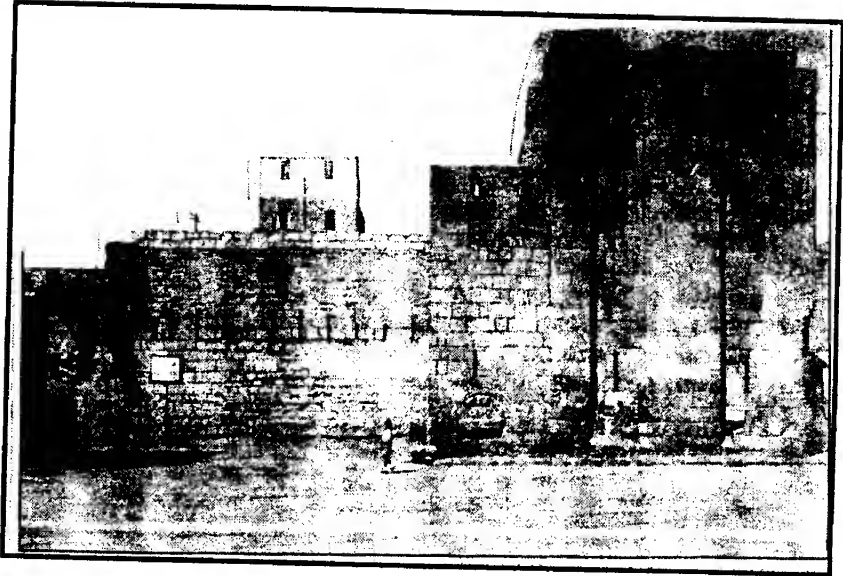
يقع مدفن الأمير تمرباي الحسيني في منطقة السيدة عائشة بالقاهرة ويعود تاريخ إنشائه إلى عام ٩٢١ / ١٥١٥م ويرجع للعصر المملوكي الجركسي وقد تعرض للتلف بفعل استخدامه كحصن وثكنة عسكرية أثناء الحملة الفرنسية على مصر ويعانى المدفن الآن من التدهور الذي يتمثل في هبوط الأرضيات وهبوط غير منتظم للجدران مما أدى إلى وجود شروخ نافذة وعميقة وميول في بعض الجدران وتفكك وانفصال بين كتل الأحجار وفقدان في بعض الأجزاء. وقد تناول البحث إجراء الدراسات الجيوتقنية للمدفن حيث تمت دراسة التتابع الطبقي للتربة في موقع المدفن وتبين منه إقامة المدفن على تربة ردم حتى عمق ٦ متر واتضح أن هناك علاقة بين هذه التربة ومنسوب المياه تحت السطحية والتي وجدت على عمق ٢٤ متر ووجود محتوى رطوبة مرتفع في التربة وبين ما حدث من تلف للمدفن، وبينت نتائج التحليل بواسطة طريقة حيود الأشعة السينية ( XRD ) والتحليل الحراري التفاضلي ( DTA ) لعينات من مواد البناء والتربة، وجود ملح الهاليت وهو السبب الرئيسي في تدهور وتآكل وتلف وتفكك الأحجار والمونة كما وجد أن التربة تحتوى ضمن مكوناتها على معدن المونتموريللونيت والذي يتعرض للانتفاش في وجود الماء وينكمش بفقدانه لها مما يؤدي إلى إتلاف الأساسات وحدوث إجهادات وتداعيات، وتبين من الدراسة والفحص البتروجرافى بواسطة الميكروسكوب المستقطب لعينات الأحجار احتوائها على حفريات وأكاسيد حديد ومعادن طفلة مما ساهم في تلف الأحجار في وجود الرطوبة، كذلك أظهرت نتائج الفحص بواسطة ( SEM ) لعينات الأحجار فقدانها للمادة اللاصقة وتبلور الأملاح بين مكوناتها مما أدى إلى تآكلها، واختتم البحث بوضع توصيات واقتراحات لعلاج وترميم المدفن وصيانته من التلف مرة أخرى.

## ٢- المقدمة Introduction

يعتبر مدفن الأمير تمرباى الحسيني من المباني الأثرية التي تعود إلى العصر المملوكي الجركسي في أوائل القرن العاشر الهجري، السادس عشر الميلادي ويرجع تاريخ إنشائه إلى عام ١٥١٥/٩٢١م وقد أنشأه الأمير محمد نمر الحسنى الزردكاش كما ورد في بائع الزهور لابن إياس ( العربي أحمد، ١٩٩٨ م ) ويقع الأثر في بداية شارع القادرية بمنطقة السيدة عائشة بالقاهرة ويحمل الأثر رقم ( ١٦١ ). كما هو موضح باللوحة (١) والشكلان (٢،١).

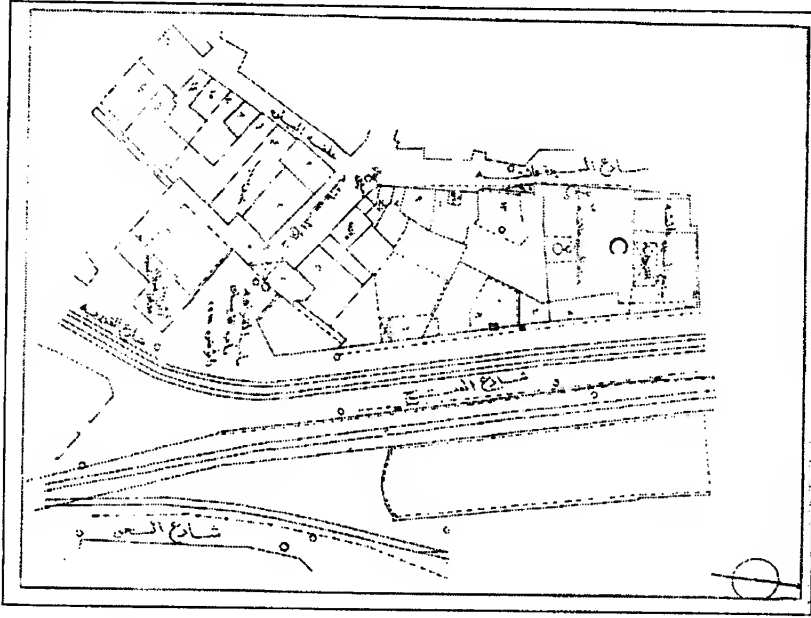


لوحة (١) توضح مدخل المدفن والمنطقة المحيطة به



شكل (١) توضح الحالة السيئة التي وصل لها المدفن (المجلس الأعلى للآثار - ملف الأثر رقم ١٦١).

ويتكون المدفن من أربع واجهات حجرية أولاها تقع في الناحية الشمالية الشرقية وتطل على ميدان السيدة عائشة والثانية في الناحية الجنوبية الشرقية وتطل على شارع القادريه والثالثة في الناحية الجنوبية الغربية وتطل على شارع الإقدام تتوسطها فتحة الباب المؤدية إلى داخل قبة المدفن ( المفقودة ) الآن والرابعة في الناحية الشمالية الغربية لم يبق منها غير دخلة واحدة تعلوها نافذتان مستطيلتان حديثتان، أما عن العمارة الداخلية للمدفن فنجد بعد المدخل الرئيسي الموجود في الواجهة الجنوبية الغربية دركاة مستطيلة تنزل إليها بأربع درجات حجرية هابطة يغطيها سقف من البراطيم الخشبية ويوجد بالمدفن دورة مياه متهدمة.

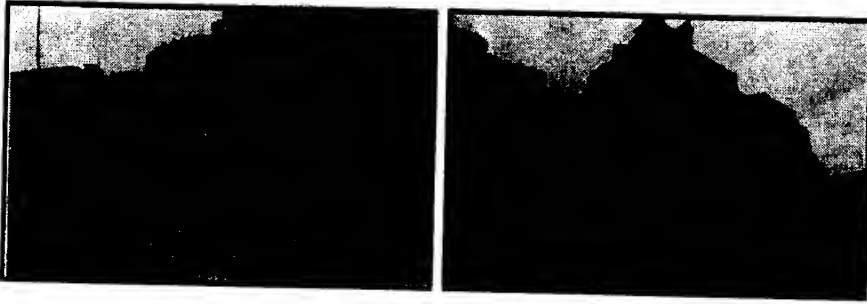


شكل (٢) تخطيط لموقع للمدفن والمنطقة المحيطة به (العربي أحمد، ١٩٩٨).

ويوجد ممر مستطيل ينتهي بسلم حجري صاعد يؤدي إلى داخل القبة الضريحية على يمينه فتحة باب تؤدي إلى البئر التي كانت تمتد القبة بالمياه اللازمة لها وعلى يساره فتحة باب ثان تؤدي إلى مساحة صغيرة مستطيلة ذات أرضية من بلاطات حجرية وسقف من عروق خشبية، في ضلعها الجنوبي الشرقي محراب مجوف عبارة عن حنية نصف دائرة ضحلة على جانبيها بابان مربعان يفضيان إلى المدفن وهو عبارة عن حجرة مربعة كسيت أرضيتها ببلاطات حجرية وغطيت بسقف طاقية ذات زخارف إشعاعية. ( محمد حمزة، ١٩٨٦ م ).

### ٣- الملاحظات الحقلية Field Observation

ومن خلال الدراسة الميدانية للمدفن تبين أنه في حالة تلف وتدهور شديدة حيث أنه استخدم نظرا لموقعه المتميز كحصن وثكنة عسكرية أيام الحملة الفرنسية على مصر حيث سدوا النوافذ وقاموا ببناء جدران من الحجر العشيم ( الدبش ) بين القبة الضريحية وسور المدينة ونتيجة لتعرض المدفن للتدمير فقد فقدت القبة الضريحية ( العربي أحمد، ١٩٩٨ م ) وتمت الاستعاضة عنها فيما بعد بسقف من البراطيم الخشبية. ويعانى المدفن من وجود أجزاء كبيرة منه متهدمة ومفقودة بالإضافة إلى وجود كميات كبيرة من الردم وكسر الحجر والمهملات والتي كانت تحرق في الموقع مما أدى إلى وجود طبقات من السناج والأتربة والتكلسات على الجدران الحجرية للمدفن كما هو واضح باللوحه (٢).



لوحة (٢) توضح العديد من مظاهر التلف مثل السناج، الأتربة، التكلسات وفقدان القبة الضريحية.

كما تم استغلال المدفن من قبل السكان كورشة لتصنيع الرخام وتم تسقيف جزء منه بسقف حديث واستغلاله كما هو واضح باللوحه (٣)، إلى جانب ما تم ذكره من تلف تعرض له المدفن نجد أجزاء من المدفن تعرضت لهبوط غير منتظم أدى إلى وجود شروخ خطيرة ونافاذة وهبوط في الأرضيات وميول في بعض الجدران مما أستوجب معه إجراء عملية صلب لهذه الجدران خوفا من انهيارها، كما هو واضح باللوحه (٣)، ويتناول البحث إجراء الدراسات الجيوتقنية للتعرف على التتابع الطبقي للتربة وطبيعتها في الموقع وعلاقة مكونات التربة بمنسوب المياه تحت السطحية ومحتوى الرطوبة لها بالإضافة إلى إجراء الاختبارات والقياسات لمواد بناء المدفن لتفسير وتحديد مظاهر التلف المختلفة المؤثرة على المدفن.



لوحة (٣) توضح بعض من مظاهر التلف الناتجة عن استغلال المدفن كورشة لتصنيع الرخام إضافة إلي وجود شروخ خطيرة ونافذة وهبوط في الأرضيات وميول في بعض الجدران مما أستوجب معه إجراء عملية صلب لهذه الجدران.

#### ٤- الدراسات الجيوتقنية للمدفن

تتضمن الدراسات الجيوتقنية التعرف على قطاع التربة في موقع المدفن ومكوناتها ومنسوب المياه تحت السطحية بالإضافة لذلك التعرف على مكونات وخواص مواد البناء وذلك كما يلي:-

٤-١: دراسات التربة والمياه تحت السطحية.

٤-١-١: دراسة طبيعة التربة وتتابع طبقاتها بموقع المدفن.

تمت دراسة قطاع التربة بموقع المدفن من خلال جسه بعمق ٢٠ مترا تم إجراءها من قبل المجلس الأعلى للآثار ( ملف رقم ١٦١ - مدفن تمرى الحسني ).

حيث أتضح أن طبيعة التربة بالموقع عبارة عن طبقة علوية من الردم ( طمي رملي جيرى وكسر حجر جيرى ) تستمر من منسوب صفر الجسه وحتى عمق ٦٥ مترا ثم تظهر طبقة من الحجر الجيري المحتوى على بعض الفواصل من طمي جيرى حيث تمتد هذه التكوينات الصخرية حتى نهاية الجسه على عمق ٢٠ مترا من منسوب الأرض الطبيعية بموقع الجسه كما هو موضح بالشكل (٣)

العمق بالمتر	السمك بالمتر	التوصيف
٢	٦,٥	ردم (طمي رملي جيري وكسر حجر جيري)
٤		
٦		
٨		
١٠		
١٢		طبقة من الحجر الجيري المحتوي علي بعض الفواصل من طمي جيري
١٤		
١٦		
١٨		
٢٠		نهاية الجسة

شكل (٣) قطاع التربة بموقع المدفن.

#### ٤-١-٢ قياس منسوب المياه تحت السطحية بموقع المدفن

تم تنفيذ بيزوميتر داخل الجسة لرصد منسوب المياه عن طريق إنزال ماسورة بلاستيكية بقطر ٢ بوصة وبطول ٦ متر بها جزء سفلى متقب بطول ٥٠ سم وتم تثبيت الماسورة بعمل بلوك من الخرسانة أعلى الماسورة عند سطح الأرض وتم عمل غطاء من الحديد أعلى ماسورة البيزوميتر وتم قياس منسوب المياه داخل البيزوميتر على مدى أسبوعين من تاريخ التنفيذ حيث تبين أن منسوب المياه تحت السطحية عند عمق ٢ر٤ متر من منسوب الأرض الطبيعية.



#### ٤-١-٣ التحليل الكيميائي للمياه تحت السطحية بموقع المدفن

تم أخذ عينة من موقع الجسه التي تم إجرائها وتحليلها لتحديد مكوناتها من الأملاح ودرجة الحموضة (PH) لها ويوضح الجدول رقم (١) نتائج تحليل عينة المياه.

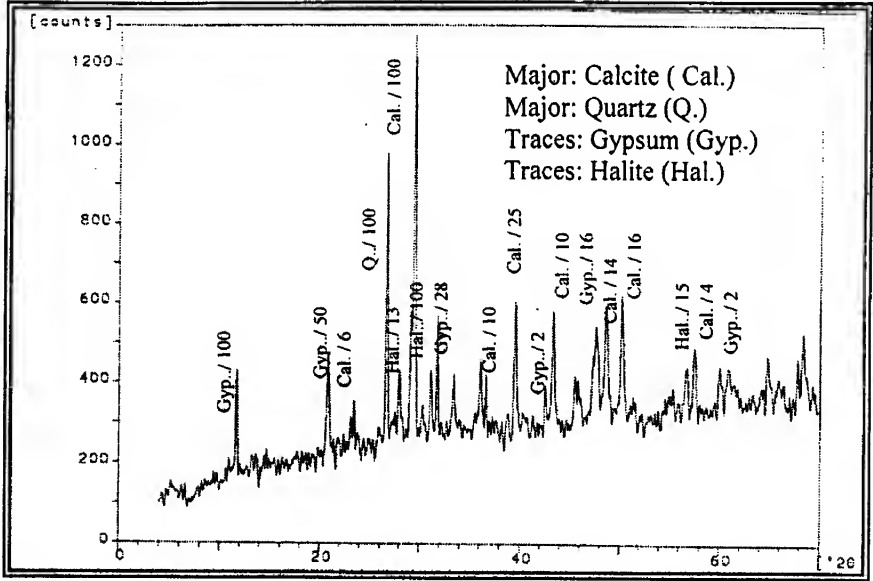
جدول رقم (١) يوضح نتائج التحليل الكيميائي لعينة المياه

التركيب الكيميائي	جزء من المليون ( Ppm )
الأملاح الذائبة الكلية	٧٩٨٢
بيكربونات الصوديوم	١٣٧٥
كلوريد الصوديوم	٣٨١٩
ثالث لكسيد الكبريت	١٢٧٦
الأس الهيدروجيني ( درجة الحموضة )	٨,٩
	PH
	SO <sub>3</sub>
	NaCl
	NaHCO <sub>3</sub>

#### ٤-٢ الدراسة والتحليل بواسطة طريقة حيود الأشعة السينية لعينات التربة ( XRD ) :

تم تحليل عينات من التربة المقام عليها المدفن بواسطة طريقة حيود الأشعة السينية للتعرف على المكونات المعدنية لها وكانت النتائج كما يلي:-

التربة المقام عليها المدفن تحتوى على معادن الكالسيت CaCO<sub>3</sub> والكوارتز SiO<sub>2</sub> بالإضافة إلى معدني الجبس CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O والهاليت NaCl كما هو موضح بالشكل (٤) في حين لم تظهر معادن الطفلة نظرا لعدم إجراء الفصل الميكانيكي لها وتحليلها بحيود الأشعة السينية واكتفينا بالتعرف عليها بالتحليل الحراري التفاضلي ( DTA ).



شكل (٤) نمط حيود الأشعة السينية لعينة من التربة المقام عليها المدفن.

#### ٣-٤ دراسة عينات التربة بواسطة طريقة التحليل الحراري التفاضلي ( DTA )

تمت دراسة عيّنتين من التربة المقام عليها المدفن باستخدام التحليل الحراري

التفاضلي ( DTA ) وكانت النتائج كما يلي:-

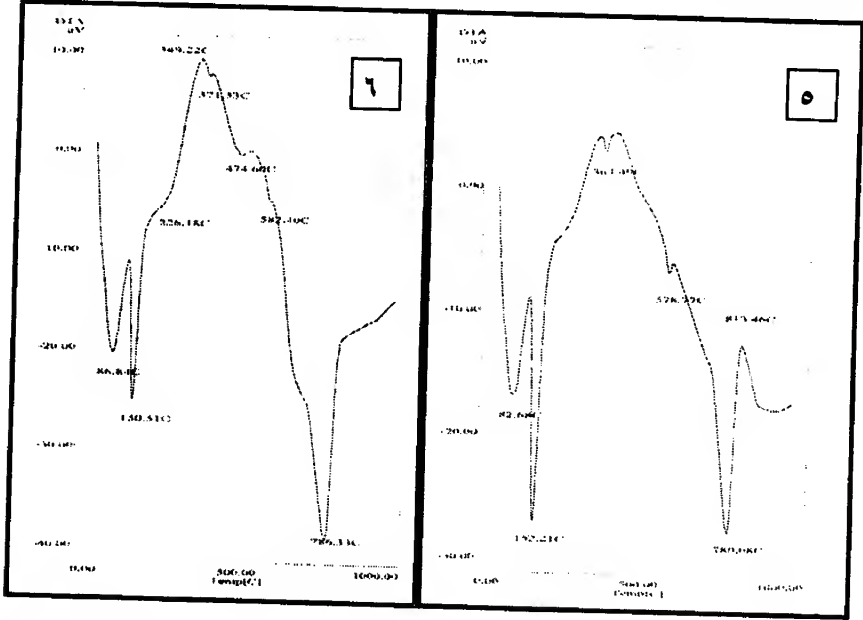
##### عينة رقم (١)

بدراسة المنحنى الحراري التفاضلي لهذه العينة نجد حدوث تبخر للرطوبة التي احتوت عليها العينة عند درجة حرارة من ٨٢٫٦٨ °م حتى درجة حرارة ١٥٢ °م، كما حدث فقد لمجموعات الهيدروكسيل ( OH ) عند درجة حرارة ٣٦٤ °م وكذلك عند درجة حرارة ٧٨٠ °م وهو ما يدل على احتواء العينة على معدن المونتموريللونيت، أما عند درجة حرارة ٥٧٨ °م فقد حدث تحول Transformation لمعدن الكوارتز من الطور ألفا  $\alpha$  - Phase-Quartz إلى الطور B - Phase-Quartz، ويوضح الشكل (٥) منحنى التحليل الحراري التفاضلي ( DTA ) لهذه العينة.

##### عينة رقم (٢)

بدراسة المنحنى الحراري التفاضلي لهذه العينة نجد حدوث تبخر للرطوبة الموجودة بالعينة عند درجة حرارة ٨٦ °م حتى درجة حرارة ١٥٠ °م، ونجد حدوث فقد لمجموعات الهيدروكسيل ( OH ) عند درجات الحرارة ٢٢٦ °م و ٤٧٤ °م و ٥٨٢ °م مما يدل على

وجود معدني الأليت والمونتوريللونيت وتحتوي العينة على الكربونات ونستدل عليها عند درجة حرارة ٧٨٦°م، ويوضح الشكل رقم (٦) منحنى التحليل الحراري التفاضلي (DTA) لهذه العينة.



شكلان (٦،٥) يوضحان منحنى التحليل الحراري التفاضلي لعينتان من التربة المقام عليها المدفن.

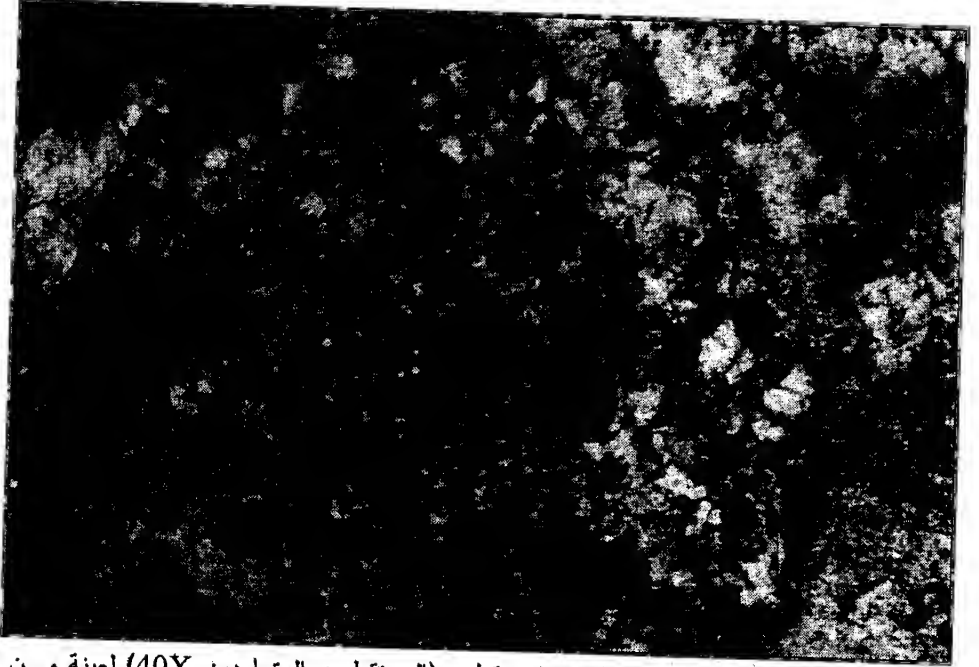
#### ٤-٤ دراسة مواد بناء المدفن

استخدمت الأحجار الجيرية بالإضافة إلى المونة لبناء المدفن وقد تم فحص الأحجار بواسطة الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope والميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) Scanning Electron Microscope كما تم التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية X-Ray diffraction (XRD) لعينات من الحجر الجيري والمونة والأملاح بالإضافة لقياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية وكانت النتائج كما يلي :-

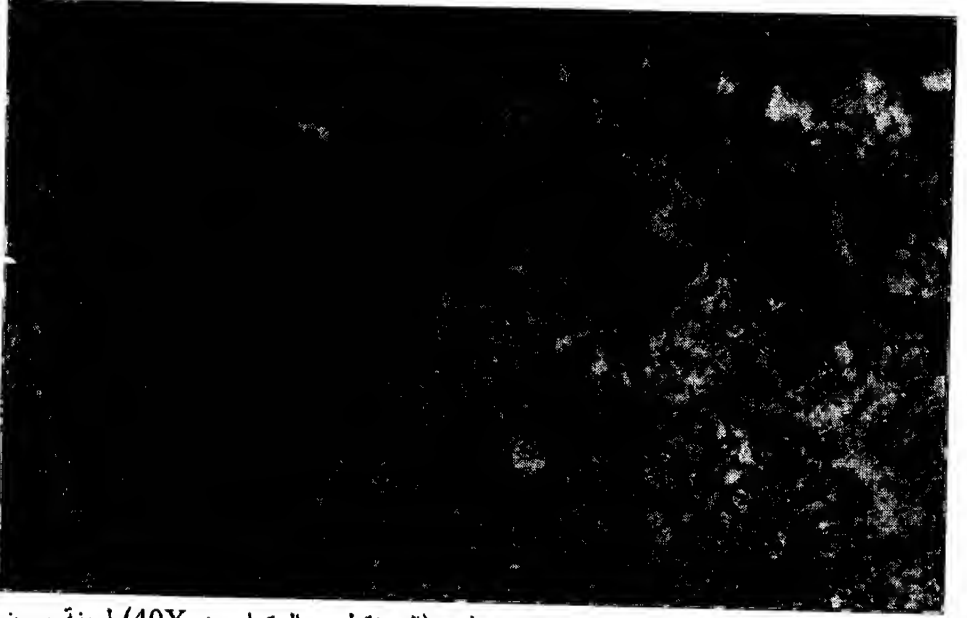
#### ٤-٤-١ الدراسة البتروجرافية للأحجار الجيرية

تم إعداد قطاعات رقيقة Thin Sections من الحجر الجيري لمدفن الأمير ترمبای الحسيني ثم تم فحص هذه القطاعات ودراستها بواسطة الميكروسكوب المستقطب وهذه القطاعات ممثلة لأماكن مختلفة من المدفن وتبين من الفحص والدراسة أن الأحجار تتكون بصفة أساسية من بلورات معدن الكالسيت دقيق التحبب Fine-grained

Calcite. كما تظهر بعض البلورات كاملة الأوجه من معدن الدولوميت ذات الشكل المعيني Euhedral Dolomite Crystals كما نجد تجمعات من أكاسيد الحديد Iron Oxides على هيئة نطاقات مختلفة وكذلك معادن الطفلة المنتشرة بين مكونات القطاعات إلى جانب وجود حبيبات من معدن الكوارتز وحفريات وأجزاء من الحفريات من نوع النيموليت Nummulites SP. وتوضح الصور أرقام ١، ٢، ٣، ٤، الفحص بواسطة الميكروسكوب المستقطب لهذه القطاعات.



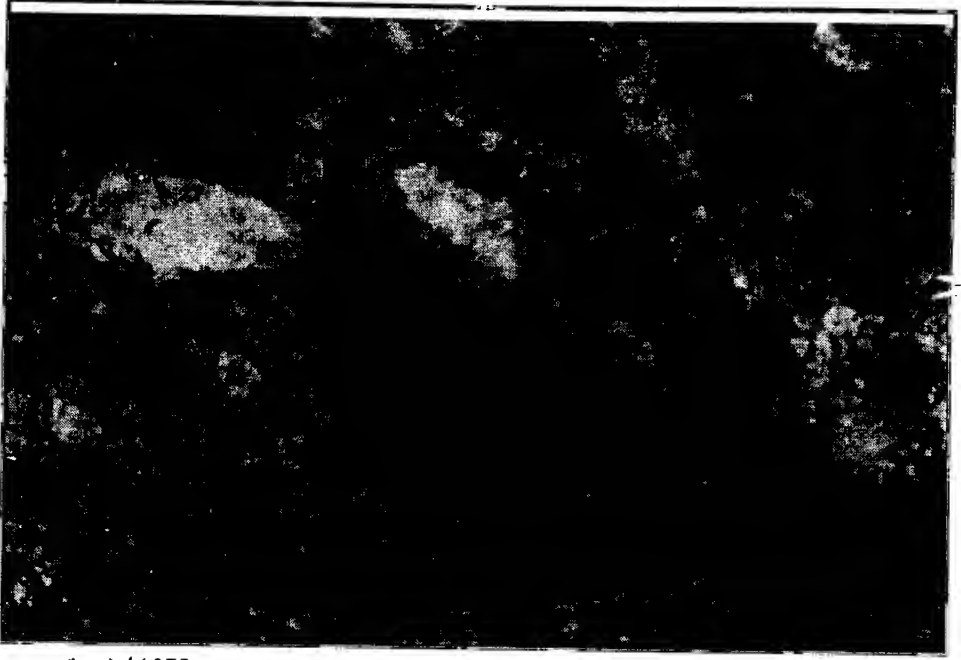
صورة (١) قطاع تحت الميكروسكوب المستقطب (المستقطبين المتعامدين 40X) لعينة من أحجار المدفن الجيرية يظهر به أرضية دقيقة التخب من معدن الكالسيت مع وجود أكاسيد الحديد والمعادن الطينية.



صورة (٢) قطاع تحت الميكروسكوب المستقطب (المستقطبين المتعامدين 40X) لعينة من أحجار المدفن الحجرية يظهر به أرضية دقيقة النحيب من معدن الكالسيت مع وجود أكاسيد الحديد والمعادن الطينية، إضافة إلي وجود بلورات الدولوميت ذات الشكل المعيني.



صورة (٣) قطاع تحت الميكروسكوب المستقطب (المستقطبين المتعامدين 40X) لعينة من أحجار المدفن الحجرية يظهر به أرضية دقيقة النحيب من معدن الكالسيت مع وجود أكاسيد الحديد والمعادن الطينية، إضافة إلي وجود أجزاء من حفريات النومليت.



صورة (٤) قطاع تحت الميكروسكوب المستقطب (المستقطبين المتعامدين 40X) لعينة من أحجار المدفن الجيرية يظهر به أرضية دقيقة التحبب من معدن الكالسيت مع وجود أكاسيد الحديد والمعادن الطينية، إضافة إلي وجود أجزاء من حفريات النوميلى وبعض الفجوات الناتجة عن ذوبان الأملاح.

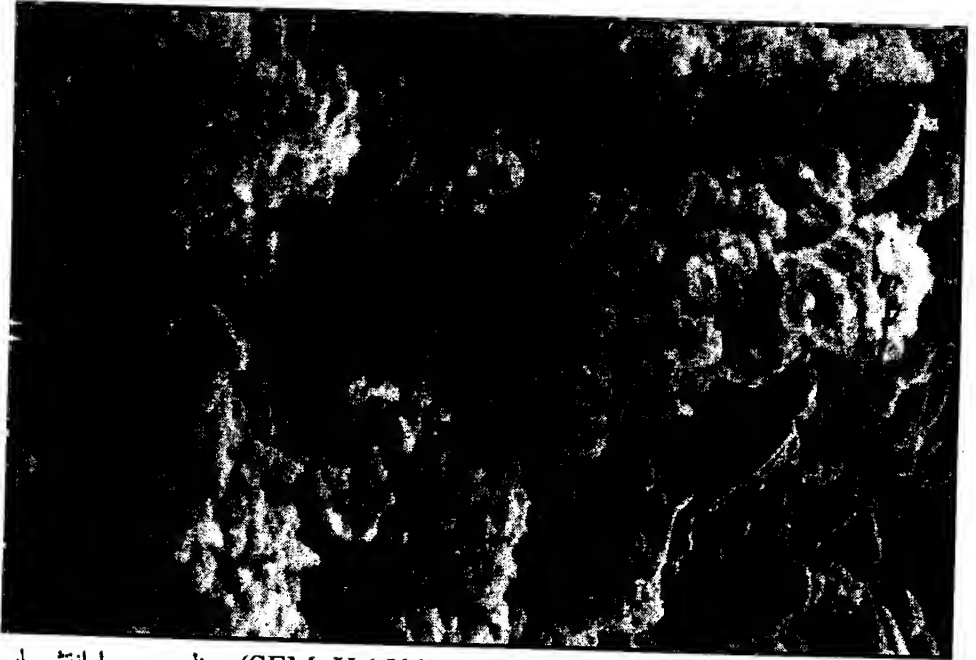
#### ٤-٤-٢ الدراسة والفحص بواسطة الميكروسكوب الالكتروني الماسح

##### Scanning Electron Microscope ( SEM )

اتضح من الفحص بواسطة الميكروسكوب الالكتروني الماسح ( SEM ) لعينات الحجر الجيري فقدانها للمادة اللاصقة بين الحبيبات المعدنية مع التأثير الشديد لتبلور الأملاح بين مكونات الأحجار مما أدى إلى تفككها وانفصالها وبالتالي تآكل الأحجار وضعف البنية الداخلية لها كما ساهمت الرطوبة في إذابة بعض مكونات البلورات وتشويهها بالإضافة إلى وجود فجوات وفراغات أدت إلى إضعاف تماسك الحبيبات المعدنية للأحجار وإتلافها كما يتضح من الصور أرقام ٨٠٧،٦٠٥.



صورة (٥) لعينة من أحجار المدفن الجيرية تحت (SEM. X 1000) ويظهر بها انتشار الأملاح بين بلورات الكالسيت مع وجود بعض الفجوات والشروخ وفقدان للمادة الرابطة.



صورة (٦) لعينة من أحجار المدفن الجيرية تحت (SEM. X 1500) ويظهر بها انتشار أملاح الهاليت على هيئة تجمعات أدت إلى حدوث ضغوط موضعية على حبيبات الكالسيت.



صورة (٧) لعينة من أحجار المدفن الجيرية تحت (SEM. X 1500) ويظهر بها انتشار أملاح الهاليت على هيئة تجمعات أدت إلى حدوث ضغوط موضعية على حبيبات الكالسيت، إضافة إلى فقدان المادة الرابطة مما أدى إلى ضعف بالحجر.



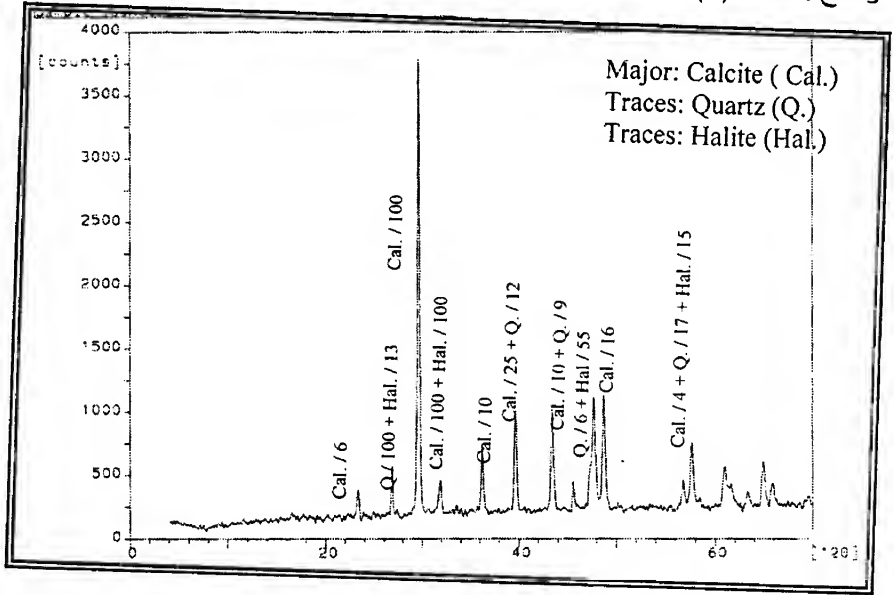
صورة (٨) لعينة من أحجار المدفن الجيرية تحت (SEM. X 2000) توضح إذابة بعض مكونات بلورات الكالسيت نتيجة لتأثير الرطوبة وعوامل التلف الأخرى.



٤-٤-٣ الدراسة والتحليل بواسطة طريقة حيود الأشعة السينية ( XRD )

٤-٤-٣-١ الأحجار

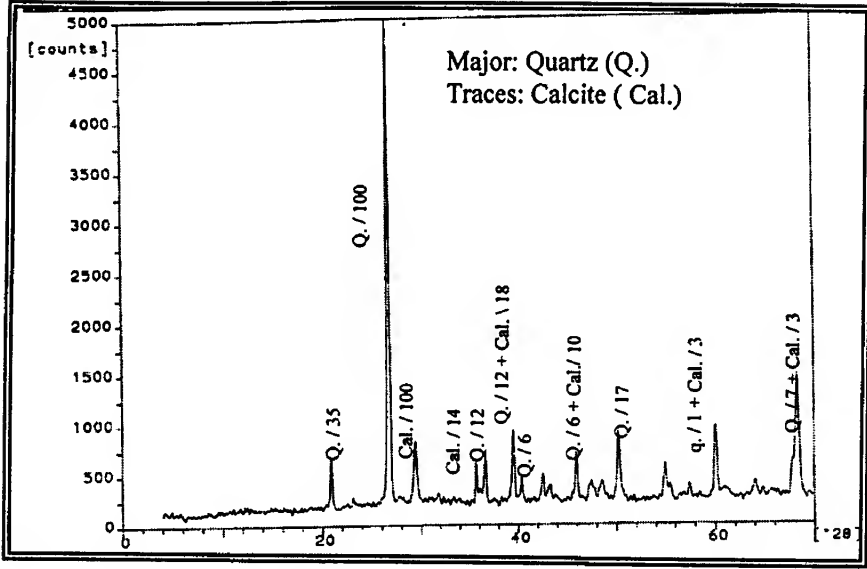
اتضح أن الأحجار الجيرية المستخدمة لبناء المدفن تتكون أساسا من معدن الكالسيت  $\text{CaCO}_3$  بالإضافة إلى معدن الكوارتز  $\text{SiO}_2$  ونسبة صغيرة من معدن الهاليت  $\text{NaCl}$  كما هو موضح بالشكل (٧).



شكل (٧) نمط حيود الأشعة السينية لعينة من أحجار المدفن الجيرية.

٤-٤-٣-٢ المونة

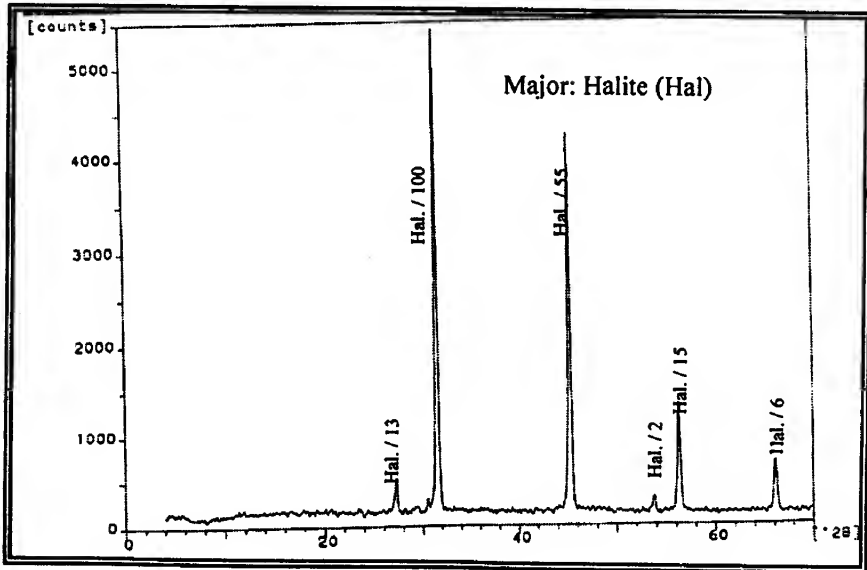
اتضح أن المونة تتكون أساسا من معدن الكالسيت  $\text{CaCO}_3$  مع وجود نسبة كبيرة وعالية من معدن الكوارتز  $\text{SiO}_2$  إلى جانب وجود نسبة صغيرة من معدن الهاليت  $\text{NaCl}$  كما هو موضح بالشكل (٨).



شكل (٨) نمط حيود الأشعة السينية لعينة مونة من المدفن.

٤-٣-٣-٣ الأملح

نتبين من النتائج أن الأملاح تتكون أساسا من معدن الهاليت  $\text{NaCl}$  كما هو موضح بالشكل (٩)، وهو ملح هيجروسكوبي يتميز بامتصاصه للماء بشراهة وفقدانه له بسرعة عند ازدياد معدلات البخار بارتفاع درجة الحرارة.



شكل (٩) نمط حيود الأشعة السينية لعينة أملاح من المدفن.

#### ٤-٤-٤: الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأحجار

### Physical and Mechanical Properties of Stones

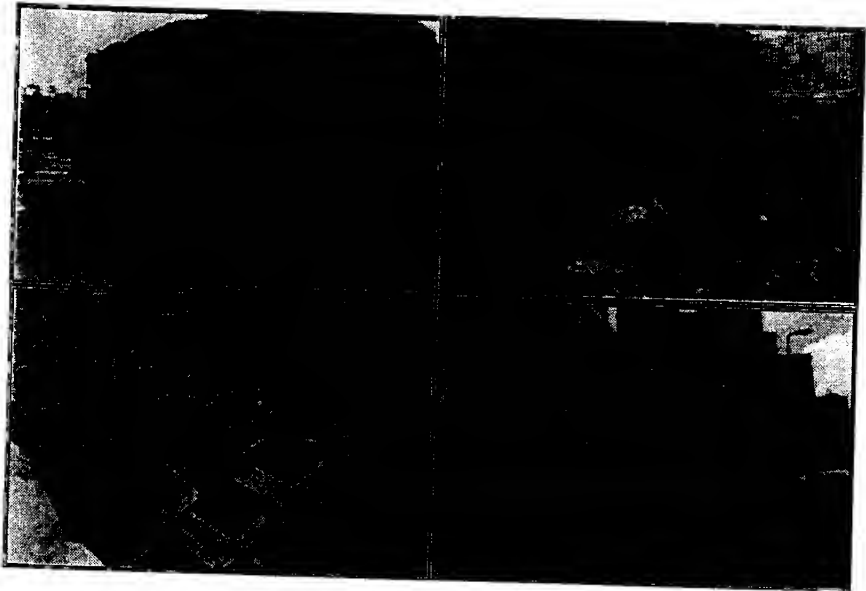
تم قياس الخواص الفيزيائية للأحجار وكذلك الخواص الميكانيكية ويوضح الجدول رقم (٢) قيم هذه الخواص للأحجار الجيرية المستخدمة لبناء المدفن.

جدول رقم (٢) يوضح قيم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لأحجار المدفن:

الخاصية	الكثافة (جم/سم <sup>٣</sup> )	امتصاص الماء (%)	المسامية (%)	مقاومة الضغط (MPa)	مقاومة الشد (MPa)	معامل المرونة (MPa)
القيمة	٢,٠٤	١٢,٦	١٩,٣	١٥,٤	٣,٤	٤١٩١,٧

### ٥- مناقشة النتائج Discussion of Results

(١)- تبين من خلال إجراء الدراسات الجيوتقنية أن قطاع التربة يحتوى على تربة ردم تمتد من سطح الأرض وحتى عمق ٦٥ متر وتتميز هذه التربة بعدم تجانس مكوناتها، ومن ثم لا نستطيع التنبؤ بالصحيح بالسلوك الإنشائي لهذه التربة الواقعة أسفل المنشأ الأثري. ( السيد القصبي، ١٩٩٣م) وقد تسببت هذه التربة المقام عليها المدفن في مظاهر تلف متعددة أهمها هبوط الأرضيات والميول والشروخ الدقيقة والنافذة وانهيار وتداعى بعض الأجزاء كما هو واضح باللوحة (٤).



تابع لوحة (٤)



لوحة (٤) توضح الحالة الحرجة التي وصل لها المدفن: هبوط الأرضيات، الميول، الشروخ الدقيقة والنافذة، وانهيار وتداعى بعض الأجزاء مما أدى إلى صلب بعض الأجزاء.

وبتفاوت جهد تحمل التربة حسب نوعيتها ودرجة تجانسها وعمقها وسمك طبقتها ونسبة المياه فيها ومنسوب هذه المياه وعمقها (أسامة الشافعي، ١٩٨٥ م).

وعندما تؤثر أحمال المنشأ الأثري على التربة فإن الاجهادات الناشئة عنها تؤدي إلى دفع الماء من بين حبيبات التربة وتدفعها إلى التقارب والتلاصق وهذا التضاعط يسبب هبوطا في التربة، قد يكون هبوطا منتظما وهو لا يعتبر فشلا للمنشأ أما إذا كان الهبوط غير منتظم فيسبب زيادة في الإجهاد وينتج عنه تصدع وشروخ وأحيانا انهيارات في المنشأ الأثري (نكى حواس، ١٩٩٠ م) ومن أجل دراسة مشاكل الهبوط وعدم الاتزان والميول لجدران المباني الأثرية لابد أولا من دراسة خواص التربة وذلك لتحديد التابع الطبقي لها وتركيبها المعدني ومحتواها من الرطوبة، (Aboud, 1993).

(٢)- اتضح من الدراسة والتحليل بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD) والتحليل الحراري التفاضلي (DTA) أن تربة الردم المقام عليها المدفن تحتوي ضمن مكوناتها على معدن المونتموريللونيت وهو أكثر معادن الطفلة التي تتعرض للانفخاض عن طريق امتصاص الماء كما أنها تتعرض للانكماش بدرجة عالية عند خروج الماء منها وذلك بسبب تركيبه الكيميائي حيث يتكون من صفحتين من السليكا وصفحة من الألومينا والمسافة بينهما تزيد عن ٨ أنجستروم وبالتالي يكون أكثر امتصاصا للماء (عبد السميع، ١٩٩٤ م).

ومن خصائص هذه التربة أنها صلبة وتمتلك قيمة عالية لمقاومة قوى القص وذلك في الحالة الجافة أما عند وصول الماء إليها وتحولها إلى الحالة الرطبة فإنها تفقد تلك الخاصية والأساسات المقامة على هذا النوع من التربة وهي تربة الردم المحتوية على معدن المونتموريللونيت تتعرض لقوى رافعة بسبب انتفاش التربة (Soil swelling) مما

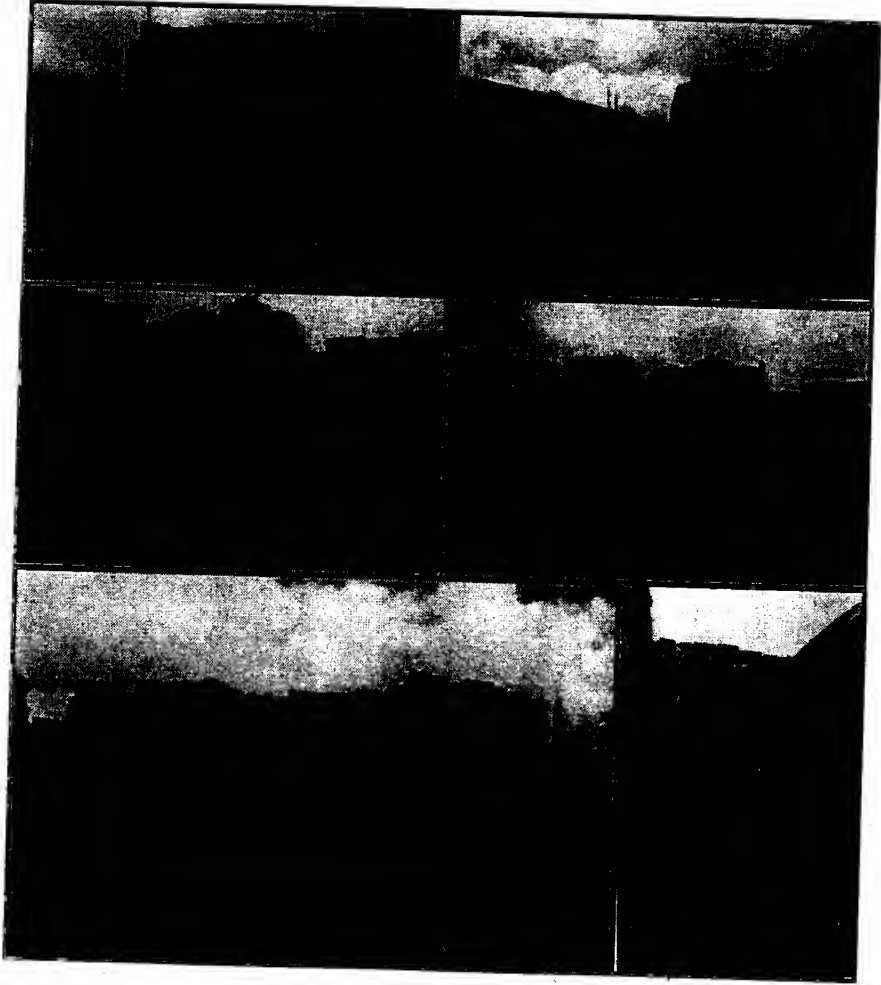
تسبب أضراراً بالغة تؤدي إلى الانهيار لبعض أجزاء الأثر أو في بعض الأحيان انهيار كامل ( عمرو رضوان، ١٩٩٤م).

وقد اتضح أن منسوب المياه تحت السطحية على عمق يبلغ ٢ م مع الأخذ في الاعتبار المياه المتسربة من شبكات الصرف الصحي التالفة وكذلك شبكات مياه الشرب بالإضافة إلى المياه المتسربة خلال طبقات التربة المسامية من مياه النيل والقنوات المائية وكذلك المياه المتجمعة من الأمطار ( القاهرة التاريخية، فبراير ٢٠٠٢ )، ونجد أن مشكلة ارتفاع منسوب المياه الجوفية ظهرت بعد بناء السد العالي وتفاقت المشكلة بتسرب المياه من شبكات الصرف الصحي ومياه الشرب حيث نجد أن استهلاك مياه الشرب بمدينة القاهرة يبلغ حوالي ٤ مليون متر مكعب يوميا بينما لا تستوعب شبكة الصرف الصحي سوى ٢ مليون متر مكعب ويتسرب ٢ مليون متر مكعب إلى التربة مما يؤدي إلى وصول المياه لأساسات المباني الأثرية وإتلافها ( عزت عبد الشافي، ١٩٩٣ م).

بالإضافة إلى ذلك أن المباني الأثرية بالقاهرة كانت تتخللها قديما البرك والمستنقعات والترع والتي تم ردمها، ومن أهمها الخليج المصري والذي كان يمثل مصدر المياه بمدينة القاهرة عند امتلائه بالمياه وقت الفيضان حيث كانت تملأ منه الخزانات الأرضية الضخمة المبنية تحت المباني على جانبيه وإن كان قد تم ردم هذا الشريان المائي إلا أن مجراه وما كان على جانبيه من خزانات ما زال موجودا تحت الأرض ويظهر في المناطق المنخفضة في صورة برك أو تمتصها أساسات وجدران المباني الأثرية مما يؤثر عليها وعلى التربة المقامة عليها ويؤدي إلى تدهورها ( كمال حفني، ١٩٩٤ م).

وتختزن تربة الردم المحتوية على معادن الطفلة وأخطرها معدن المونتموريللونيت والموجود بالتربة المقام عليها المدفن كميات من الماء تتفاوت مع فصول السنة فتكثر شتاء وتنبخر صيفا مما يسبب اختلاف حجمها ويؤدي لحدوث حركة أفقية نسبية وذبذبة رأسية على المنشآت الأثرية المقامة على هذه التربة (Richardson,1990) وكلما زاد عمق الأساسات في الأرض الطفلية زادت حركة الأرض مما يسبب خلل في المبنى الأثري وظهور الشروخ في الأركان وتميل الحوائط الخارجية فتتفصل عن الحوائط الداخلية وتجذبها مع السطح للخارج ويزداد الخلل في الأساسات كلما زاد عمقها في التربة ( خليل إبراهيم ، ١٩٩٣م) وبذلك نجد أن هناك علاقة وثيقة بين طبيعة التربة المقام عليها المدفن وهي تربة ردم حتى عمق ٦٥ متر وتحتوى ضمن مكوناتها على معدن

المونتموريلونيت وبين وجود المياه تحت السطحية على عمق ٢٤ متر بالإضافة للمياه المتسربة من شبكات الصرف الصحي ومياه الشرب وبالتالي تذبذب محتوى الرطوبة الموجود بالتربة من فترة إلى أخرى وبين ما حدث للمكونات المعمارية للمدفن الأثري من تداعيات وشروخ وهبوط وانهييار جزئي للكثير من الأجزاء كما هو واضح باللوحة (٥).



لوحة (٥) توضح بعض من التداعيات، شروخ، هبوط، وانهييار جزئي للكثير من الأجزاء

(٣) - تبين من الفحص الذي أجرى للأحجار بواسطة الميكروسكوب المستقطب للمدفن أن الحجر الجيري المستخدم كمادة للبناء يتكون بشكل أساسي من معدن الكالسيت دقيق التحبب بالإضافة إلى وجود بلورات معينة الشكل من معدن الدولوميت إلى جانب معادن الطفلة وأكاسيد الحديد والحفريات ساهم إلى حد كبير في تلف الأحجار بفعل ذوبان أكاسيد الحديد في وجود الرطوبة وترك الحفريات لأماكنها وتزحمها بعد فقدانها للتماسك مع مكونات الأحجار

مما يؤدي إلى وجود فراغات وفجوات تؤدي إلى تآكل الأحجار بشكل كبير ( Komar, 1979 ).

(٤)- انتضح من الفحص بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ( SEM ) تبلور الأملاح بين المكونات المعدنية للأحجار مما أدى إلى تفككها وفقدانها للمادة اللاصقة بين الحبيبات ( Lewin, 1984 ) بالإضافة إلى ذوبان بعض المكونات الأمر الذي أدى إلى تفكك وضعف وتآكل وهشاشة الأسطح الخارجية للأحجار بالإضافة إلى ضعف وتأثير البناء الداخلي للأحجار بما ينشأ من اجهادات وضغوط موضعية بفعل تبلور الأملاح ( Vitina, 1996 ).

(٥)- تبين من الدراسة والتحليل بواسطة حيود الأشعة السينية ( XRD ) لمواد بناء المدفن للتعرف على مكوناتها المعدنية أن الأحجار تتكون بشكل أساسي من معدن الكالسيت بالإضافة إلى وجود نسبة من معدني الكوارتز والهاليت أما المونة فهي مكونة من معدني الكالسيت والكوارتز في وجود نسبة من معدن الهاليت، أما تحليل عينة من الأملاح فتبين منه أن الأملاح هي عبارة عن ملح الهاليت الذي وجد ضمن مكونات الأحجار والمونة وهذا يوضح أن هذا الملح هو المسئول عن حالة التلف والتدهور التي وصلت إليها أحجار البناء سواء في أسطحها أو بناءها الداخلي وذلك لأنه ملح هيجروسكوبي Hygroscopic Salt قابليته الشديدة لامتصاص الماء أو الرطوبة بصورها المختلفة وكذلك يفقد الماء بسهولة عند ارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى تبلور الملح ثم ذوبانه ثم إعادة تبلوره مرة أخرى مما يؤدي إلى نشأة ضغوط واجهادات وبالتالي تفكك وتآكل الأحجار وضعفها ( Lewin, 1984 ) حيث يلعب تذبذب محتوى الرطوبة بالتربة وبالتالي داخل الجدران دورا هاما في حركة الأملاح على هيئة محاليل ملحية من التربة إلى الجدران بواسطة الخاصية الشعرية وازيادة معدلات التبخر (نتيجة إلي ارتفاع درجات الحرارة) تتبلور الأملاح في مناطق مختلفة من البنية الداخلية للأحجار أو على أسطحها مؤدية إلي العديد من الاجهادات التي تؤدي بدورها إلي العديد من مظاهر التلف مثل الشقوق وتساقط المونة وغيرها كما هو واضح بجدران المدفن ( Hewell, 1984 ).

(٦) كما تبين من دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المدفن أنها من الأحجار الرديئة حيث وصل معدل امتصاصها للماء إلي ١٢,٦% في حين وصلت مقاومتها للضغط إلي ١٥ (MPa) والشد إلي ٣,٤ (MPa) لذا لابد من

استخدام أحد مواد التقوية المناسبة وذلك بعد إجراء الدراسات والتجارب اللازمة قبل التطبيق.

(٧)- ساهم وجود مدفن الأمير ترمباى الحسيني عند أول شارع القادرية بمنطقة السيدة عائشة وهي منطقة عشوائية ذات كثافة سكانية ومرورية عالية، حيث نجد موقفا للسيارات ملاصق تماما للمدفن، كل ذلك أدى إلى تعرض المدفن لمعدلات عالية جدا من التلوث الجوى والذي أدى إلى وجود طبقات من المواد الكربونية السوداء الناتجة عن عوادم السيارات والتي أدت لتسويه الأثر بالإضافة إلى وضع أكوام القمامة وحرقتها داخل الأثر واستغلال بعض أجزائه كورش لتصنيع الرخام بالإضافة إلى أن التلوث الجوى في وجود الرطوبة يؤدي إلى تكوين الأحماض التي تتفاعل مع مكونات الأحجار الجيرية وتكون الأملاح وأهمها ملح الجبس مما أدى إلى تدهور أحجار البناء وتداعى الجدران ووصولها لهذه الدرجة من التلف.

٨- بالإضافة إلي ما ذكر فإن الزلازل تؤثر بشكل كبير علي اتزان المباني الأثرية، حيث تحدث حركة مفاجئة في طبقات التربة ويتضاعف تأثير هذه الحركة في حالة تلف وضعف التربة والأساسات الحاملة للمباني الأثرية، ونجد أن هذه الحركة ربما تؤدي إلي سحق موضعي للأساسات والمدايك السفلية في الجدران مما يؤدي إلي حدوث ميول ينتج عنها شروخ مختلفة الحجم والشكل خاصة في المناطق الضعيفة من الجدران وقد تؤدي إلي انهيار الجدران أو بعض أجزائها وهذا ما حدث بالفعل للعديد من المباني الأثرية بعد زلزال أكتوبر ١٩٩٢.

## ٦- التوصيات ومقترحات العلاج والترميم والصيانة

بعد إجراء الدراسات السابقة توصل البحث إلى التوصيات والمقترحات الآتية:-

(١)- إجراء الدراسات الجيوتقنية للمباني الأثرية في حالة تصدعها للتعرف على التتابع الطبقي للتربة وطبيعتها ومكوناتها المعدنية لكي نستطيع تفسير مظاهر التلف التي يعاني منها المبنى الأثري للوصول إلى أفضل الطرق للعلاج والترميم والصيانة.

(٢)- عمل تسجيل وتوثيق فوتوغرافي ورفع معماري كامل للأثر في الوضع الراهن وتوقيع مظاهر التلف المختلفة التي يعاني منها المدفن على لوحات الرفع المعماري لتحديد المشكلات التي يعاني منها الأثر.



(٣)- عمل دراسات متكاملة للرصد المساحي لجميع جدران الأثر وعناصره المعمارية وتحديد أولويات الصلب والتأمين عند الضرورة والقيام بها لتأمين الأثر وحمايته من الانهيار الذي قد يتعرض له وذلك بشكل كامل وعدم الاكتفاء بعمليات الصلب الحالية لبعض الجدران والتي تعاني من ميل شديدة ومهددة بالسقوط والانهيار.

(٤)- إجراء عمليات الكشف عن الأساسات وعمل تحليل انشائي كامل حيث أثبتت الدراسات التي أجريت إنشاء الأثر على طبقة ردم حتى عمق ٦ متر كما توجد ضمن مكونات التربة معدن المونتموريللونيت الذي يتعرض للانفخاض بتأثير الماء لذا فقد تتطلب الحالة معالجة الأساسات مع ضرورة نقل الأحمال من جدران المبنى إلى التربة الصالحة للتأسيس أسفل طبقات الردم وتجرى هذه العملية باستخدام الخزائيق الابرية Micro Oiles ( سيد عبد السلام ، ١٩٩٨ م ).

(٥)- أوضحت الدراسات وجود معدن المونتموريللونيت القابل للانفخاض ولمعالجة التربة لابد من استبدال هذه التربة وإحلالها بتربة أخرى غير تمددية وعادة ما تكون التربة المستخدمة تتراوح من تربة زلطية إلى تربة رملية ( مصطفى كامل ، ٢٠٠١ م ).

(٦)- إجراء عمليات الاستبدال لبعض الكتل الحجرية من الأساسات وتقويتها أن اقتضت الضرورة بعد إجراء عملية الكشف عن الأساسات.

(٧)- قد تحتاج بعض الجدران بعد إجراء عمليات الرصد المساحي خاصة التي تعاني من وجود ميل كبيرة إلى إجراء عملية الفك وإعادة البناء مرة أخرى بعد معالجة التربة والأساسات، ويجب أن تتم عملية الفك بأسلوب علمي مع إجراء عملية الترميم لكتل الأحجار وربطها بثوابت مساحية وتخزينها في مكان معد لذلك بعيدا عن الرطوبة حتى إجراء عملية إعادة البناء لها.

(٨)- إجراء عمليات الاستكمال الضرورية باستخدام أحجار جيرية تتميز بلون مقارب للون الأحجار الأثرية الأصلية وأن تتميز بخواص فيزيائية وميكانيكية جيدة.

(٩)- إجراء عمليات الترميم الدقيق الضرورية للأحجار من عمليات تنظيف ميكانيكي وكيميائي واستخلاص لمح الهاليت وهو من الأملاح القابلة للذوبان باستخدام أسلوب الكمادات بنوعها الورقية والطينية حسب الحالة ثم إجراء عمليات التقوية للأسطح والبنية الداخلية للأحجار وعزلها ضد تأثير الرطوبة ويفضل استخدام مركبات السيليكون في عمليات

التقوية ومركبات السيلان والسيلوكسان التي تمتاز بخاصية الطرد للماء في عمليات العزل ضد تأثير الرطوبة ( Norman, 2000 ).

(١٠) - إجراء عمليات إعادة المنسوب الأصلي للأرضيات وعزل الجدران ضد تأثير الرطوبة بواسطة العزل الأفقي بإحدى مركبات ( مستحلبات ) السيلان والسيلوكسان الطاردة للماء بأسلوب الحقن، ثم إجراء عمليات التأهيل والتنسيق للموقع المحيط بالأثر وعمل حرم له لحمايته وصيانتته من التلف.

## ٧- المراجع References

- أسامة مصطفى الشافعي، (١٩٨٥م)، ميكانيكا التربة، دار الراتب الجامعية، ص ٢٤٣.
- العربي أحمد رجب على، (١٩٩٨م)، دراسة شارع القادرية دراسة حضارية منذ نشأته حتى نهاية العصر العثماني، رسالة ماجستير، قسم الآثار الإسلامية، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- السيد عبد الفتاح القصبي، (١٩٩٣م) ميكانيكا التربة، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، ص ٦٨٩.
- المجلس الأعلى للآثار، (٢٠٠٢م)، المياه الجوفية وتحت السطحية كمصدر أساسي لتدهور الوحدات الأثرية، مقالة بمجلد القاهرة التاريخية، وزارة الثقافة، مشروع تطوير القاهرة التاريخية، فبراير.
- المجلس الأعلى للآثار، ملف الأثر رقم (١٦١) - مدفن الأمير ترمبى الحسيني - مركز تسجيل الآثار الإسلامية والقبطية.
- خليل إبراهيم واكد، (١٩٩٣م)، أسباب انهيارات المباني ( طرق الترميم والصيانة )، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، ص ٦٦.
- ذكى حواس، (١٩٩٠م)، أمراض المباني ( كشفها وعلاجها والوقاية منها )، عالمية الكتب، الطبعة الأولى، ص ٧٤.
- سيد عبد السلام وعماد الجداوى، (١٩٩٨م)، تدعيم وإصلاح مبنى تم إنشاؤه على تربة ردم عميقة، المؤتمر العربي لترميم وإعادة تأهيل المنشآت، المجلد الثاني، سبتمبر، ص ٧٩٩.
- عبد السميع عاطف، (٢٠٠١)، دراسة مقارنة لعلاج وصيانة مقابر نبلاء إيلفنتين الصخرية (قبة الهوا) بأسوان، تطبيقاً على إحدى المقابر المختارة، رسالة دكتوراة، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- عبد اللطيف أبو العطا البقرى، (١٩٩٤م)، الإنشاء والانهيار، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، ص ٥٩.
- عزت عبد الشافي، (١٩٩٣م)، نحو صيانة بنية متكاملة للآثار الإسلامية، ندوة طرق حماية وترميم المنشآت ذات الطراز المعماري الاسلامي، معهد تدريب المقاولون العرب.
- عمرو رضوان، (١٩٩٤)، المبادئ العلمية وأساسات ميكانيكا التربة، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، ص ٢١.

- مصطفى كمال عشور، (٢٠٠١م)، مشاكل التربة الانتفاخية تحت الأساسات (٢) مجلة المهندسين، نقابة المهندسين، مصر، العدد رقم (٥٤٠)، مارس، ص ٤٢.
- محمد حمزة إسماعيل الحداد، (١٩٨٦م)، قرافة القاهرة في عصر سلاطين المماليك، رسالة ماجستير، قسم الآثار الإسلامية، كلية الآثار، جامعة القاهرة.
- كمال حفني، (١٩٩٤م)، ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية وأثرها على المباني الأثرية بمدينة القاهرة - دراسة الرشح وحماية الآثار الإسلامية بحي الجمالية، أكاديمية البحث العلمي، المؤتمر الدولي لإدارة الكوارث (الحاضر والمستقبل)، أغسطس.
- Fouad, B., Aboud, (1993), Structural Consideration in the Restoration of Islamic Monuments in Cairo, The Arab Contractors Training Institute Symposium on Protection and Restoration of Islamic Monuments, May, Cairo.
- Hewell, P. B. and Taylor, R. K., (1984), Ground Water Movements and Their Effects on Structures, Surry University, New York.
- Komar, A., (1979), Building Materials and Components, Mir Publishers, Moscow.
- Lewin, S. Z., (1984), The Mechanism of Masonry Through Crystallization, London
- Norman, R.w., (2000), Development and Assessment of Conservation, Treatment for Calcareous Stone, In 9<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Venice.
- Richardson, B.A., (1990), Defects and deterioration in Buildings, E.F. Span, London.
- Vitina, I. et al. (1996), Problems of Soluble Salts in the Monuments of Latvia, In 8<sup>th</sup> International Congress on deterioration and conservation of Stone, Berlin.

